

IRADIASI SINAR GAMMA (^{60}Co) UNTUK MENINGKATKAN PERKECAMBAHAN DAN PERTUMBUHAN BIBIT TEMBESU (*Fagraea fragrans* Roxb.)

*Gamma Irradiation (^{60}Co) to Increase the Germination and Seedling Growth of Tembesu (*Fagraea fragrans* Roxb.)*

Muhammad Zanzibar¹, Megawati, Endang Pujiastuti dan/and Dede J. Sudrajat²

Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan
Jalan Raya Ciheuleut, Po Box 105, Bogor 16001, Jawa Barat, Indonesia
Telp./Fax. +62-251-8327768

Email: muhammadzanzibar@yahoo.com¹, djsudrajat@yahoo.com²

Tanggal diterima: 28 Januari 2014; Tanggal direvisi: 16 Oktober 2015; Tanggal disetujui: 26 Oktober 2015

ABSTRACT

Low dose gamma irradiation has been applied to improve seed germination and seedling growth for many agricultural crops, but the technique is still limited to be used on tree species. The purposes of this research was (1) to study the effect of seed irradiation and storage periods on the germination of tembesu seed, and (2) to determine the effect of seed irradiation to the seedlings growth. The first experiment was designed in Completely Randomized Design (CRD) in a factorial with two factors, i.e. irradiation doses and storage periods. The second experiment used the Completely Randomized Design with the treatment of irradiation doses. The results showed that for increasing seed storability, the fresh seeds can be radiated by dose maximum 120 Gy. The best height and diameter seedling growth obtained at dose 30 Gy, it was confirmed by seedling growth enhancement up to 205.84% of height and 133.33% of diameter. The irradiation at doses 30 Gy can improve seedling quality of tembesu.

Keywords: Tembesu seed, irradiation, storage, germination, growth

ABSTRAK

Iradiasi sinar gamma dengan dosis rendah telah banyak digunakan untuk memperbaiki perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit untuk banyak tanaman pertanian, namun teknik ini masih terbatas untuk diaplikasikan pada jenis-jenis tanaman hutan. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) mempelajari pengaruh iradiasi benih dan periode simpan terhadap perkecambahan benih tembesu, serta (2) mengetahui pengaruh iradiasi benih segar terhadap pertumbuhan bibit tembesu. Percobaan pertama menggunakan Rancangan Faktorial dalam Rancangan Acak Lengkap dengan 2 faktor, yaitu faktor iradiasi dan faktor periode simpan. Percobaan kedua menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan dosis iradiasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk meningkatkan daya simpan, benih segar dapat diradiasi dengan dosis maksimal 120 Gy. Hasil iradiasi terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter bibit jenis tembesu dicapai pada dosis 30 Gy, dimana perlakuan ini dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi sebesar 205,84% dan diameter sebesar 133,33%. Iradiasi sinar gamma 30 Gy dapat meningkatkan kualitas bibit jenis tembesu.

Kata kunci: Benih tembesu, iradiasi, penyimpanan, perkecambahan, pertumbuhan

I. PENDAHULUAN

Tembesu (*Fagraea fragrans* Roxb., Loganiaceae) merupakan jenis pohon penghasil kayu bernilai tinggi (Lee & Rao, 1986) yang banyak tumbuh secara alami di Sumatera, Kalimantan, Irian dan Jawa Barat. Pohon ini dapat mencapai tinggi hingga 40 m, batang bebas cabang sampai 25 m, diameter lebih dari 80 cm dengan batang lurus dan tidak berbanir. Jenis ini tumbuh baik pada tanah datar dan sarang atau tidak becek, tanah liat berpasir, dengan tipe iklim A sampai B

(Schmidt & Fergusson, 1951) pada ketinggian 0–500 m dari permukaan laut (dpl). Kayunya keras termasuk ke dalam kelas awet satu dan banyak digunakan untuk kontruksi, lantai, jembatan, bantalan kereta api, bahan pembuatan kapal, dan furnitur (Junaedah *et al.*, 2014).

Permintaan kayu tembesu yang terus meningkat dan masih terbatasnya upaya budidaya telah menyebabkan keberadaan tegakan tembesu menjadi langka (Junaedah *et al.*, 2014). Kondisi ini memberi implikasi terhadap ketersediaan tegakan berkualitas baik yang dapat dijadikan sumber

benih. Rendahnya kualitas sumber benih, seperti jarak antar pohon induk yang terlalu lebar akibat dari fragmentasi populasi dan sebagian besar pohon berumur muda, menyebabkan sistem perkawinan terhambat yang berdampak pada rendahnya kualitas benih yang dihasilkan. Selain itu, benih tembesu berukuran sangat kecil, pertumbuhan semai lambat, dan keragaman perkecambahan yang tinggi meskipun berasal dari kelompok benih yang sama (Zanzibar *et al.*, 2010). Untuk meningkatkan vigor dan kualitas bibit, maka upaya perbaikan vigor perlu dilakukan yang salah satunya dapat dilakukan dengan iradiasi sinar gamma.

Penggunaan iradiasi berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan meningkatkan aktivitas enzim dan menginduksi perubahan-perubahan secara genetik, biokimia, sitologi, fisiologi dan morfologi dalam sel dan jaringan (Ikram *et al.*, 2010; Piri *et al.*, 2011). Iradiasi sinar gamma juga dapat menginduksi mutasi yang merupakan masalah penting dalam upaya meningkatkan keragaman dan perbaikan sifat dan produktivitas tanaman (De Micco *et al.*, 2011; Moussa, 2011). Pada jenis-jenis tanaman hutan, perlakuan radiasi sinar gamma pada dosis rendah mampu memperbaiki perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit (Iglesias-Andreu *et al.*, 2012; Akshatha *et al.*, 2013). Chan & Lam (2002) melaporkan juga bahwa iradiasi benih pepaya dosis 10 Gy meningkatkan persentase perkecambahan menjadi 50%. Perubahan biokimia mempengaruhi proses metabolisme sel yang pada tingkat tertentu dapat menguraikan bahan kimia penghambat perkecambahan (Busby, 2008) dan meningkatkan pembelahan sel sehingga tidak hanya berpengaruh terhadap perkecambahan tetapi juga terhadap pertumbuhan bibit (Piri *et al.*, 2011). Zanzibar & Witjaksono (2011) melaporkan bahwa perlakuan iradiasi benih suren pada dosis rendah (5 Gy) dapat meningkatkan rata-rata pertumbuhan bibitnya. Selain itu, radiasi sinar gamma juga mampu menunda pembusukan buah (WHO, 1988), mengurangi populasi bakteri, jamur, serangga dan patogen lainnya (Gruner *et al.*, 1992) sehingga potensial diaplikasikan untuk meningkatkan daya simpan benih.

Penggunaan ionisasi radiasi untuk meningkatkan potensi perkecambahan dan membangkitkan mutasi telah banyak dilakukan pada tanaman pertanian, namun teknologi ini belum banyak diterapkan pada tanaman hutan (Iglesias-Andreu *et al.*, 2012). Sensitivitas terhadap perlakuan radiasi tergantung dari banyak faktor, seperti jenis atau varietas tanaman, bagian tanaman dan dosis radiasi (Esnault *et al.*, 2010; de Micco *et al.*, 2011) sehingga perlu pengujian pada jenis, bagian tanaman dan dosis tertentu untuk mendapatkan hasil yang optimal. Tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap perkecambahan dan daya simpan benih tembesu, dan (2) mengetahui pertumbuhan bibit yang berasal dari benih hasil iradiasi sinar gamma.

II. METODOLOGI

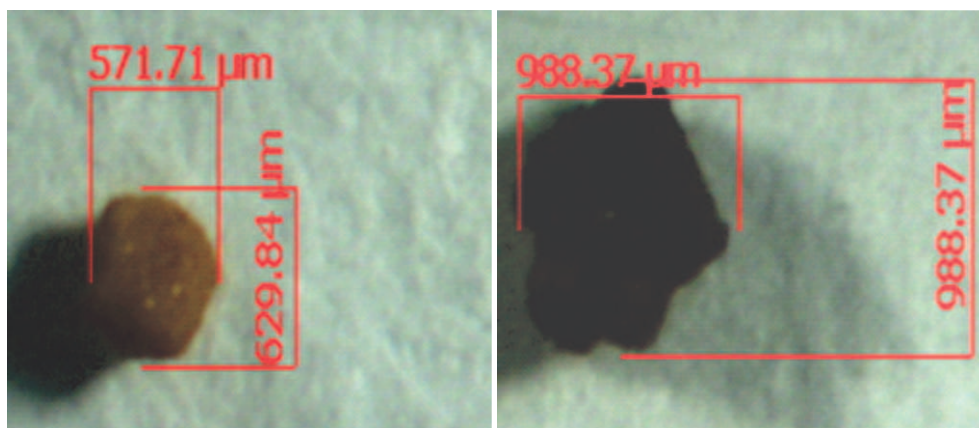
A. Bahan dan Lokasi Penelitian

Buah tembesu yang diunduh dari 5 (lima) pohon berfenotipe baik di Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan pada bulan Juli (untuk percobaan 1) dan Agustus (untuk percobaan 2). Iradiasi benih dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (P3TIR BATAN), Jakarta. Pengujian benih hasil iradiasi dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan, Bogor.

B. Metode Penelitian

1. Ekstraksi benih

Ekstraksi benih menggunakan metode ekstraksi basah dengan merendam buah selama 12 jam hingga daging buah menjadi lunak, kemudian diremas-remas dan disaring dengan ayakan 0,001 mm. Benih dikering-anginkan selama 5 hari dalam suhu kamar (suhu = 25°–27 °C, kelembaban = 80–90%) (BSN, 2014; Sopyan & Hakim, 2014). Sortasi benih dilakukan untuk memisahkan benih yang masak (Gambar 1 b) dari benih muda (Gambar 1a). Hanya benih yang masak secara fisiologis yang digunakan dalam penelitian ini.



Sumber (Source): Diolah dari data lapang (Compiled and analyzed from field data)

Gambar (Figure) 1. Benih tembesu setelah diekstraksi: (a) benih muda dan (b) benih masak fisiologis (*Tembesu seeds after extraction: (a) young seed and (b) physiologically mature seed*)

2. Percobaan 1: Pengaruh iradiasi dan periode simpan terhadap jumlah kecambah

Benih masak secara fisiologis dengan kadar air 10–11% diberi perlakuan radiasi sinar gamma dari Cobalt-60 (Gamma Chamber 4000A-Irpa-sena, India) dengan 13 perlakuan dosis, yaitu 0; 2,5; 5,0; 7,5; 10; 15; 20; 30; 60; 120; 240; 480, dan 960 Gy. Benih hasil perlakuan tersebut diuji perkecambahannya dan disimpan selama 2 bulan. Penyimpanan benih dilakukan di lemari es (suhu 4°–5 °C, kelembaban 40–50%). Setiap perlakuan diulang 4 kali dengan masing-masing ulangan terdiri dari 0,1 g. Benih-benih setelah perlakuan tersebut diuji perkecambahannya dengan menggunakan metode uji di atas kertas dalam germinator IPB 73/A. Penghitungan kecambah dilakukan setiap 2 hari sekali selama 27 hari. Parameter yang diamati adalah jumlah kecambah normal per 0,1 g benih. Rancangan faktorial dalam rancangan acak lengkap dengan 2 (dua) faktor, yaitu faktor iradiasi terdiri atas 13 perlakuan dan faktor periode simpan terdiri atas 2 taraf, yaitu 0 dan 2 bulan.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

Keterangan (Remarks):

- Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombi-nasi perlakuan ij.
- μ = Nilai tengah populasi
- A_i = Pengaruh dari faktor asal benih (A) pada taraf ke-i
- B_j = Pengaruh dari faktor blok tapak (B) pada taraf ke-j
- AB_{ij} = Pengaruh interaksi taraf ke-I faktor A dan taraf ke-j faktor B
- $E(ijk)$ = Pengaruh galat dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ke-ij

3. Percobaan 2: Pengaruh iradiasi benih segar terhadap produktivitas pertumbuhan bibit tembesu

Dosis iradiasi yang digunakan untuk percobaan dua didasarkan pada dosis yang dapat menumbuhkan kecambah pada percobaan 1. Dosis yang digunakan tersebut adalah 0, 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 dan 240 Gy. Benih segar yang telah diradiasi tersebut ditabur pada bak kecambah dengan media campuran pasir, tanah, dan arang sekam (1 : 1 : 0.5 v/v/v). Kecambah normal yang telah berumur 40 hari setelah tabur disapih ke dalam *polybag* (15 x 20 cm) yang diisi media campuran tanah dan serbuk sabut kelapa (1 : 1 v/v). Bibit dipelihara di bawah naungan 60% selama 8 bulan. Pemeliharaan meliputi penyiraman bibit 2 kali sehari (pagi dan sore) jika tidak turun hujan serta mencabut gulma yang tumbuh. Persen hidup bibit ditentukan berdasarkan rasio bibit yang tumbuh terhadap bibit yang disapih dikalikan 100%. Tinggi dan diameter bibit diukur pada akhir penelitian.

Rancangan acak lengkap digunakan untuk menguji pertumbuhan bibit dengan 6 ulangan dan masing-masing ulangan terdiri dari 10 bibit, dengan rumus.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + E(ij)$$

Keterangan (Remarks):

- Y_{ij} = Nilai pengamatan pada satuan percobaan ke-j yang memperoleh perlakuan dosis iradiasi ke-i.
- μ = Nilai tengah populasi
- A_i = Pengaruh dari dosis radiasi taraf ke-i
- $E(ij)$ = Pengaruh galat dari satuan percobaan ke-j yang memperoleh perlakuan ke-i.

D. Analisis data

Kenormalan data diuji menggunakan uji Kolmogorov-Sminov. Analisis ragam (ANOVA) digunakan untuk menguji pengaruh perlakuan terhadap parameter-parameter yang diuji. *Duncan's multiple range test* (DMRT) pada tingkat kepercayaan 95% digunakan untuk membandingkan perbedaan nyata nilai rata-rata setiap perlakuan. Analisis statistik tersebut dilakukan dengan menggunakan *SAS 9.1 for windows*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Pengaruh iradiasi dan periode simpan terhadap perkecambahan benih

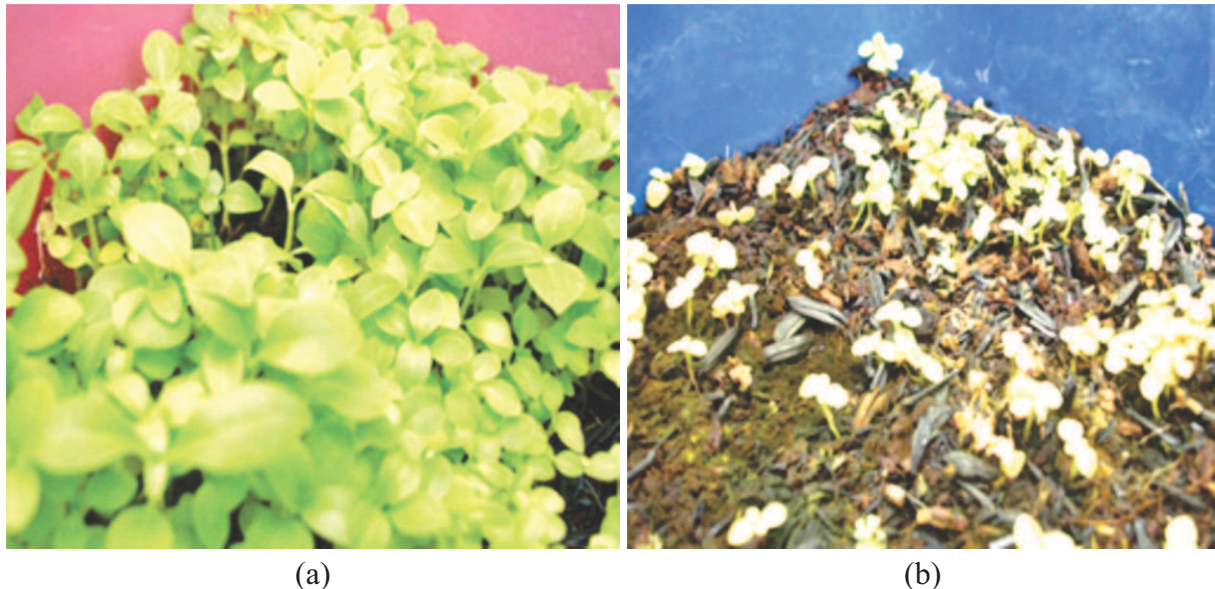
Interaksi antara dosis iradiasi dan periode simpan berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah kecambah tembesu (Tabel 1). Penggunaan dosis hingga 120 Gy masih mampu menumbuhkan kecambah normal, sedangkan dosis lebih besar dari 240 Gy menyebabkan kecambah tumbuh lambat (kerdil), daun berwarna kuning kemudian mati (Gambar 2), sedangkan pada dosis 480 Gy dan 960 Gy, benih yang ditabur tidak mampu berkecambah.

Tabel (Table) 1. Pengaruh iradiasi benih segar dan periode simpan terhadap jumlah kecambah tembesu (*The effect of fresh seed irradiation and storage period to the number of sprouts on tembesu*)

	F-hit/F count	Pr>F
Dosis iradiasi (<i>Irradiation dose</i>)	28,90	< 0,0001**
Periode simpan (<i>Storage period</i>)	37,75	< 0,0001**
Interaksi antara dosis iradiasi dan periode simpan (<i>Interaction between irradiation and storage period</i>)	6,82	< 0,0001**

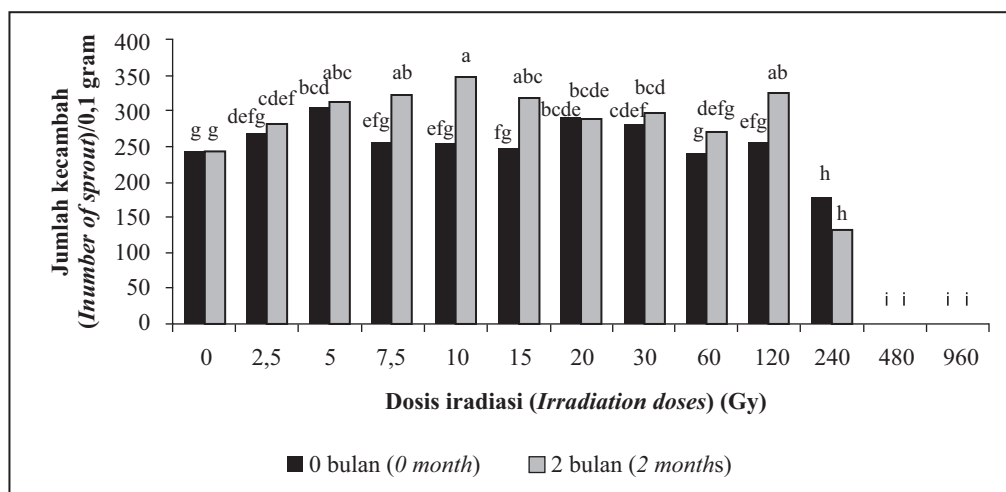
Sumber (Source): Diolah dari data lapang (*Compiled and analyzed from field data*)

Keterangan (Remarks): ** Berpengaruh sangat nyata pada $p > 0,01$ (*Significant at $p > 0.01$*)



Sumber (Source): Diolah dari data lapang (*Compiled and analyzed from field data*)

Gambar (Figure) 2. Pertumbuhan kecambah pada umur 40 hari setelah tabur (a) dosis 10 Gy dan (b) dosis 240 Gy (*Sprouts growth on aged 40 days after sowing (a) dose 10 Gy and (b) dose 240 Gy*)



Sumber (Source): Diolah dari data lapang (Compiled and analyzed from field data)

Gambar (Figure) 3. Jumlah kecambah tembesu akibat perlakuan iradiasi sinar gamma dan periode simpan (The number of sprouts of tembesu due to gamma ray irradiation treatments and storage periods)

Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa penggunaan dosis 2,5 Gy sampai 120 Gy yang disimpan selama 2 bulan mampu meningkatkan jumlah kecambah, sedangkan penggunaan dosis 240 Gy telah mengalami penurunan jumlah kecambah (Gambar 3).

Pada perlakuan benih iradiasi tanpa penyimpanan, jumlah kecambah yang muncul sebagian besar tidak berbeda nyata dengan benih tanpa iradiasi (kontrol). Pada perlakuan iradiasi benih tanpa penyimpanan, dosis 5 Gy memberikan jumlah kecambah terbanyak (303 kecambah per 0,1 gram), sedangkan pada perlakuan iradiasi benih dengan penyimpanan selama 2 bulan dosis 5; 7,5; 10; 15 dan 120 Gy menghasilkan rata-rata jumlah kecambah terbanyak dan lebih tinggi dibandingkan tidak disimpan.

Benih tembesu yang telah diiradiasi mengalami perubahan komposisi biokimia, seperti energi

total, kadar abu, lemak total, protein dan karbohidrat total (Tabel 2). Semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan, maka benih tembesu akan mengalami peningkatan kadar protein dan penurunan kadar karbohidrat total.

2. Pengaruh iradiasi benih segar terhadap pertumbuhan bibit

Pada percobaan ini, benih segar hasil pengunduhan tahap 2 (bulan Agustus) diberi perlakuan iradiasi sinar gamma dan langsung ditabur tanpa penyimpanan. Penggunaan berbagai dosis iradiasi sinar gamma (0, 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 dan 240 Gy) pada benih segar dapat mempengaruhi persen hidup, tinggi dan diameter bibit (Tabel 3). Pemberian iradiasi sinar gamma dengan beberapa tingkat dosis (Gy) menghasilkan perbedaan pertumbuhan tinggi dan diameter bibit tembesu yang nyata (Gambar 4).

Tabel (Table) 2. Komposisi biokimia benih tembesu akibat perlakuan iradiasi dengan sinar gamma (Biochemical composition of tembesu seed due to gamma irradiation treatments)

Parameter (Parameters)	0 Gy	20 Gy	60 Gy	240 Gy
Energi total (Total energy) (kkal/100 g)	362,67	356,28	359,61	360,18
Kadar abu (Ash content) (%)	1,76	1,83	1,78	1,87
Lemak total (Total fat) (%)	1,11	0	0,73	0,70
Protein (Protein) (%)	14,55	15,6	15,74	15,97
Karbohidrat total (Total carbohydrate) (%)	73,62	73,47	72,52	72,50

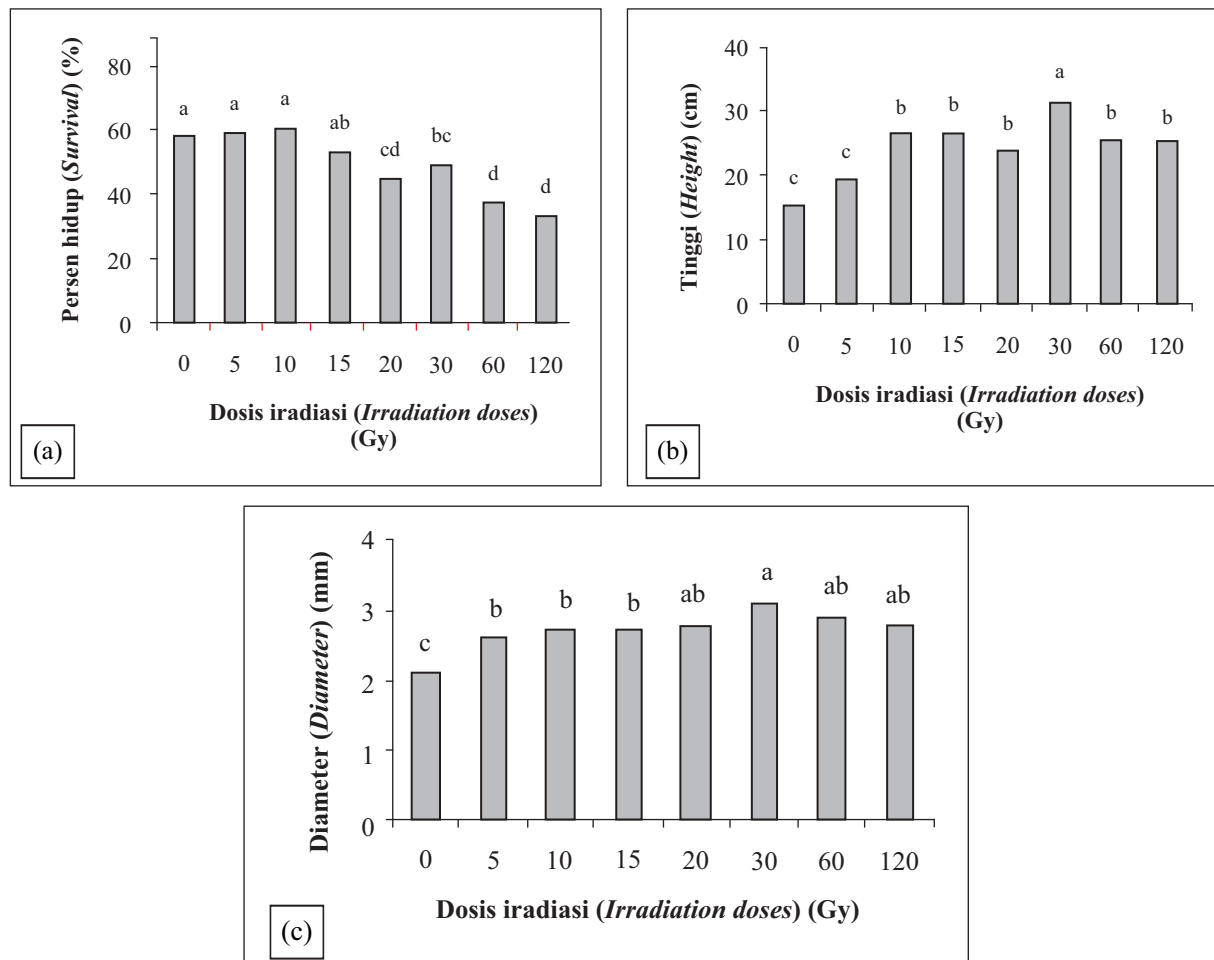
Sumber (Source): Diolah dari data lapang (Compiled and analyzed from field data)

Tabel (Table) 3. Analisis ragam pengaruh iradiasi benih segar terhadap pertumbuhan bibit tembesu (*Analysis of variance of the effect of fresh seed irradiation on seedling growth of tembesu*)

Parameter (Parameters)	Fhit (Fcount)	Pr > F
Persen hidup (<i>Seedling survival</i>)	7,90	< 0,0001**
Tinggi bibit (<i>Seedling height</i>)	7,63	< 0,0001**
Diameter bibit (<i>Seedling diameter</i>)	2,90	0,0180*

Sumber (Source): Diolah dari data lapang (*Compiled and analyzed from field data*)

Keterangan (Remarks): ** Berpengaruh sangat nyata pada $p > 0,01$ (*Significant at $p > 0.01$*)



Sumber (Source): Diolah dari data lapang (*Compiled and analyzed from field data*)

Gambar (Figure) 4. Pengaruh iradiasi terhadap persen hidup (a), tinggi (b), dan diameter (c) bibit tembesu umur 4 bulan. Angka-angka diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing peubah tidak berbeda nyata pada taraf uji $p > 0,05$ berdasarkan uji DMRT (*Effect of irradiation on survival (a), height (b), and diameter (c) of tembesu seedlings on aged 4 months. Values in the same columns followed by the same letter are not significantly different at $p > 0.05$ based on DMRT test*)

Persen hidup makin menurun dengan meningkatnya dosis iradiasi. Tinggi dan diameter bibit cenderung meningkat pada dosis iradiasi dari 0 Gy sampai 30 Gy, kemudian kembali menurun pada dosis 60 Gy hingga 120 Gy (Gambar 4). Secara umum, dosis iradiasi sebesar 30 Gy memberikan peningkatan diameter dan tinggi bibit tertinggi.

B. Pembahasan

1. Pengaruh iradiasi dan periode simpan terhadap jumlah kecambah

Perlakuan iradiasi secara umum lebih efektif dalam meningkatkan jumlah kecambah benih setelah disimpan dibandingkan dengan benih segar. Pada benih segar dosis 5 Gy memberikan jumlah kecambah terbanyak (303 kecambah per gram) dan tidak berbeda nyata dengan dosis 20 Gy, sedangkan pada benih hasil radiasi yang disimpan selama 2 bulan, dosis 10 Gy memberikan jumlah kecambah terbanyak (346 kecambah per gram) dan tidak berbeda nyata dengan jumlah kecambah pada dosis 5; 7,5; 15 dan 120 Gy.

Iradiasi sinar gamma dalam penelitian ini mampu memperbaiki perkecambahan benih hingga dosis 120 Gy. Setelah dosis tersebut, perkecambahan cenderung menurun dan banyak menghasilkan kecambah abnormal, bahkan pada dosis 480 Gy dan 960 Gy tidak ada benih yang berkecambah. Beberapa penelitian lainnya juga melaporkan kecenderungan yang sama, yaitu terjadi perbaikan perkecambahan benih pada perlakuan sinar gamma dosis rendah dan cenderung menurun pada dosis yang tinggi, seperti pada *Pinus sylvestris* (1998), *Tectona grandis* (Bhargava & Khalatkar, 2004), *Cicer arietinum* (Khan *et al.*, 2005; Toker *et al.*, 2005), *Triticum aestivum* (Singh & Balyan, 2010), *Lactuca sativa* (Marcu *et al.*, 2012) dan *Terminalia arjuna* (Akshatha *et al.*, 2013). Iradiasi sinar gamma dalam dosis yang tinggi umumnya menghasilkan pengaruh inhibitor terhadap perkecambahan (Kumari & Singh, 1996), menurunnya kadar auksin atau kerusakan kromosom (Sparrow, 1961), sedangkan radiasi dengan dosis rendah umumnya menghasilkan pengaruh stimulasi terhadap perkecambahan melalui peningkatan aktivitas enzim, perbaikan sel-sel respirasi dan meningkatkan produksi struktur reproduksi (Luckey, 1998). Umumnya perlakuan yang menghasilkan dosis kematian 20% (*lethal dose* 20%) hingga 50% (*lethal dose* 50%) akan mengakibatkan mutasi sehingga banyak digunakan dalam program pemuliaan mutasi (Human, 2015). Pada penelitian ini dosis yang menghasilkan kematian lebih dari 20% berada pada dosis lebih dari 120 Gy.

Pada penelitian ini, benih tembesu yang diradiasi dan disimpan selama 2 bulan menghasilkan jumlah kecambah tembesu lebih tinggi. Kondisi ini diduga berhubungan dengan sifat ionisasi radiasi sinar gamma yang mampu meningkatkan aktivitas enzim dan merangsang perkembangan embrio pada benih dengan vigor rendah (Sjodin, 1961; Piri *et al.*, 2011) sehingga dapat bermanfaat untuk invigorasi benih. Selain itu, menurut Majeed *et al.* (2010), peningkatan jumlah kecambah akibat iradiasi dapat pula disebabkan oleh stimulasi yang menguntungkan dari aktivasi sintesa RNA/protein dan juga peran iradiasi sebagai menghambat populasi bakteri/jamur terbawa benih sehingga kondisi perkecambahan menjadi lebih baik.

Iradiasi ionisasi dapat merubah struktur molekul lemak pada membran sel sehingga perkecambahan dapat diperbaiki. Secara fisiologi, iradiasi dengan sinar gamma menyebabkan terbentuknya elektron bebas. Elektron bebas dapat menginduksi terbentuknya radikal yang dapat bereaksi dengan makromolekul. Reaksi radikal dengan makromolekul dapat bersifat merusak. Bila makromolekul yang mengalami kerusakan adalah metabolit beracun yang terakumulasi selama proses penuaan atau penghambat perkecambahan, maka radiasi dapat meningkatkan kapasitas perkecambahan. Elektron bebas yang terbentuk pada ionisasi radiasi mungkin juga masuk dalam jalur respirasi yang biasanya menggunakan elektron yang dilepas dari penggunaan ATP menjadi ADP. Elektron dari radiasi diduga dapat meningkatkan metabolisme yang diperlukan selama perkecambahan (IAEA, 1977). Secara umum, iradiasi benih tembesu dapat mengakibatkan peningkatan kandungan protein dan penurunan kadar lemak (Tabel 2).

2. Pengaruh iradiasi benih segar terhadap pertumbuhan bibit

Persen hidup, tinggi dan diameter bibit sangat dipengaruhi oleh dosis iradiasi. Kecambah yang tumbuh dari dosis lebih besar 120 Gy tidak mampu tumbuh menjadi bibit normal. Semakin tinggi dosis iradiasi maka semakin rendah persen hidup bibit, khususnya setelah perlakuan dosis 20 Gy. Hasil ini sama dengan studi Bodele (2013) pada jenis *Andrographis paniculata* yang menyatakan terjadi penurunan persen hidup pada dosis radiasi tinggi. Beberapa hasil penelitian lainnya juga telah melaporkan pengaruh iradiasi dosis tinggi terhadap berbagai jenis tanaman yang akan mati pada dosis iradiasi tinggi. Kematian ini disebabkan oleh kematian atau terhambatnya pem-

belahan sel. Kematian sel menyebabkan kemunduran laju pertumbuhan dan perubahan morfologi tanaman (Nazir *et al.*, 1998).

Iradiasi sinar gamma dengan dosis 5–30 Gy mampu meningkatkan rata-rata tinggi dan diameter bibit. Pada dosis 30 Gy mampu menunjukkan pertumbuhan bibit yang optimal, namun pertumbuhan tinggi dan diameter bibit cenderung menurun setelah dosis di atas 60 Gy. Penurunan pertumbuhan pada dosis yang lebih tinggi juga dilaporkan pada jenis *Abies regiosa*, *Pinus hartwegii* (Iglesias-Andreu *et al.*, 2012), dan *Andrographis paniculata* (Bodele, 2013). Pada iradiasi pada dosis 30 Gy, tinggi dan diameter bibit menghasilkan peningkatan pertumbuhan terbesar terhadap kontrol, masing-masing mencapai 205,84% untuk tinggi dan 133,33% untuk diameter bibit.

Iradiasi sinar gamma pada benih tembesu dengan dosis antara 5–30 Gy diduga dapat memberi pengaruh hormosis yang mampu merangsang pertumbuhan tinggi bibit dibandingkan dengan kontrol. Pengaruh stimulasi sinar gamma terhadap pertumbuhan bibit diduga disebabkan adanya percepatan pembelahan sel atau stimulasi langsung/tidak langsung gen-gen yang responsif terhadap auksin. Perubahan biokimia akibat radiasi sinar gamma mempengaruhi proses metabolisme sel yang pada tingkat tertentu dapat menguraikan bahan kimia penghambat perkecambahan dan juga meningkatkan pembelahan sel sehingga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan bibit (Piri *et al.*, 2011).

Pada dosis 240 Gy, perlakuan iradiasi telah mencapai LD50 (*lethal dose* 50%). Secara umum dosis LD20 hingga LD50 merupakan dosis optimal untuk meningkatkan keragaman sehingga sangat berguna bagi kegiatan pemuliaan mutasi (Human, 2015). Pada benih tembesu LD20 dan LD50 diperkirakan terjadi pada dosis lebih dari 120 Gy hingga 240 Gy. Iradiasi pada dosis tersebut akan menghasilkan ion dan radikal bebas melalui bentuk hidroksi air (We *et al.*, 2007). Jika radikal hidroksi menempel pada rantai nukleotida dalam DNA, maka utas tunggal DNA akan patah, sehingga akan mengalami perubahan gen (Mohr & Schopfer, 1995). Gustafson & Ekberg (1977) menyatakan bahwa iradiasi sinar gamma akan menyebabkan mutasi genom, mutasi kromosomal (termasuk mutasi gen) dan mutasi sitoplasma. Menurut IAEA (1977), mutasi pada kromosom dapat terjadi melalui beberapa cara, seperti pematihan kromosom yang kemudian diikuti transposisi segmen yang patah, penyimpangan dari mekanisme *crossing-over* pada meiosis (fase pembelahan sel), rekombinasi kromosom

saat terjadi translokasi, sebagai konsekuensi dari intervensi heterozigot, dan sebagai konsekuensi dari perlakuan iradiasi (IAEA, 1977). Pada beberapa jenis tanaman, mutan-mutan ini dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan diduga dapat juga digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman tembesu melalui seleksi terhadap individu-individu hasil radiasi sinar gamma.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan iradiasi sinar gamma dosis maksimal 120 Gy (5; 7,5; 10; 15; 20; 30; 60; dan 120 Gy) pada benih tembesu dapat menstimulir perolehan jumlah kecambah yang lebih banyak dan meningkatkan daya simpan benihnya. Penggunaan iradiasi sinar gamma pada benih tembesu segar yang relatif baru diunduh dengan dosis maksimal 30 Gy dapat meningkatkan persen tumbuh bibit, meningkatkan pertumbuhan tinggi (205,81%) serta diameter (133,33%) secara optimal. Dosis 30 Gy dapat dijadikan acuan perlakuan benih dengan iradiasi sinar gamma untuk benih jenis tembesu sebelum dikecambahkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional atas bantuan dalam perlakuan iradiasi benih.

DAFTAR PUSTAKA

- Akshatha, Chandrashekar, K.R., Somashekarappa, H.M., & Souframanien, J. (2013). Effect of gamma irradiation on germination, growth, and biochemical parameters of *Terminalia arjuna* Roxb. *Radiat. Prot. Environ.*, 36(1), 38-44.
- Bhargava, Y., & Khalatkar, A. (2004). Improve performance of *Tectona grandis* seeds with gamma irradiation. *Acta Hort.*, 215, 51-54.
- Bodele, S.K. (2013). Effect of gamma radiation on morphological and growth parameters of *Andrographis paniculata* (Burm.F) Wall. Ex. Nees. *Indian J. Appl. Res.*, 3(6), 55-57.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2014). *SNI 5006.12.2014, Tanaman Kehutanan Bagian 12: Penanganan Benih Generatif Tanaman Hutan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Busby, B. (2008). *Radiation and radioactivity*. Akses tanggal 2 November 2012, dari <http://Physics.isu.edu/radinf.htm>.
- Chan, Y.K., & Lam, P.F. (2002). *Irradiation-induced mutations in papaya with special emphasis on papaya ringspot resistance and delayed fruit ripening*. Working Material – Improvement of tropical and subtropical fruit trees through induced mutations and biotechnology. Vienna, Austria: IAEA, pp 35-45.
- De Micco, V., Arena, D., Pignalosa, D., & Durante, M. (2011). Effects of sparsely and densely ionizing radiation on plants. *Radiat. Environ. Biophys.*, 50, 1-19.
- Esnault, M.A., Legue, F., & Chenal, C. (2010). Ionizing radiation: Advances in plant response. *Environ. Exp. Bot.*, 68, 231-237.
- Gruner, M.M., Horvatic, D., Kujundzic, & Magdalenic, B. (1992). Effect of gamma irradiation on the lipid components of soy protein products. *Nahrung*, 36, 443-450.
- Gustafson, A., & Ekberg, D. (1979). Type of mutation. In: *Manual on mutation breeding*. Technical Report Series. No. 119, IAEA. Viena.
- Human, S. (2015). *Peluang pemuliaan mutasi pada tanaman hutan*. Diskusi Ilmiah Pemanfaatan Iptek Nuklir di Bidang Kehutanan, 4 September 2015. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Bogor.
- IAEA. (1977). *Manual on mutation breeding*. Second Edition. Vienna, Austria: Join FAO/IAEA division of atomic energy in food and agriculture.
- Iglesias-Andreu, L.G., Octavio-Aguilar, P., & Bello-Bello, J. (2012). Current importance and potential use of low doses of gamma radiation in forest species. In *Gamma radiation* (Adrovic, F., Ed.). In *Tech Europe*. Rijeka, Croatia. p. 265-280.
- Ikram, N., Dawar, S., Abbas, Z., & Javed, Z. (2010). Effect of (60cobalt) gamma rays on growth and root rot diseases in mungbean (*Vigna radiata* L.). *Pakistan J. Bot.*, 42(3), 2165-2170.
- Junaidah, Sofyan, A., & Nasrun. (2014). *Mengenal karakteristik tanaman tembesu*. Tembesu kayu raja andalan Sumatera Dalam (N. Mindawati, H.S. Nurohmah, C. Akhmad, Eds.), Bogor: FORDA Press.
- Khan M.R., Qureshi, A.S., Syed, A.H., & Ibrahim, M. (2005). Genetic variability induced by gamma irradiation and its modulation with gibberellic acid in M2 generation of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan J. Bot.*, 37(2), 285-292.
- Kumari, R., & Singh, Y. (1996). Effect of gamma rays and EMS on seed germination and plant survival of *Pisum sativum* L., and *Lens culinaris*. *Med. Neo Botanica*, 4(1), 25-29.
- Lee, S.K., & Rao, A.N. (1986). In vitro regeneration of plantlets in *Fagraea fragrans* Roxb. - a tropical tree. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 7(1), 43-51.
- Luckey, T. (1998). *Radiation hormesis: Biopositive effect of radiation*. Radiation Science and Health. Boca Raton, FLO, USA: CRC press.
- Majeed, A., Asif, U.R.K., Habib, A., & Zahir, M. (2010). Gamma irradiation effect on some growth parameters of *Lepidium sativum* L. *ARP NJ. Agric. Bot. Sci.*, 5(1), 39-42.
- Marcu, D., Cristea, V., & Daraban, L. (2012). Dose-dependent effects of gamma radiation on lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*) seedlings. *International Journal of Radiation Biology*, 1-5. doi: 10.3109/09553002.2013.734946.
- Mohr, H., & Schopfer, P. (1995). *Plant physiology*. Berlin: Springer Verlag.
- Moussa, H.R. (2011). Low dose of gamma irradiation enhanced drought tolerance in soybean. *Acta Agronomica Hungarica*, 59, 1-12.
- Nazir, M.B., Mohamad, O., Affida, A.A., & Sakinah, A. (1998). *Research highlights on the use of induced mutations for plant improvement in Malaysia*. Bangi: Malaysian Institute for Nuclear Technology Research (MINT).
- Piri, I., Babayan, M., Tavassoli, A., & Javaheri, M. (2011). The use of gamma irradiation in agriculture. *African Journal of Microbiology Research*, 5(32), 5806-5811. doi: 10.5897/AJMR11.949.
- Singh, I.N.K., & Balyan, H.S. (2009). Induced mutations in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) CV. 'Kharchia 65' for reduced plant height and improve grain quality traits. *Advances in Biol. Res.*, 3(5-6), 215-221.
- Sjodin, J. (1962). Some observations in X1 and X2 of *Vicia faba* L. after treatment with different mutagenes. *Hereditas*, 48, 565-86.
- Schmidt, F.H., & Ferguson, J.H.A. (1951). Rainfall types based on Wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinea. *Verhandelingen*, 42. Jakarta: Kementerian Perhubungan, Jawatan Meteorologi dan Geofisika.
- Sofyan, A., & Hakim, A., H. (2014). *Pembibitan jenis tembesu*. Tembesu kayu raja andalan Sumatera Dalam N. Mindawati, H.S. Nurohmah, C. Akhmad (Eds.), Bogor: FORDA Press.

- Sparrow, A.H. (1961). *Mutation and plant breeding*. Washington D.C.: National Academy of Sciences, National Research Council Publ., 892, p. 55-119.
- Toker C., Uzen, B., Canci, H., & Ceylan, F.O. (2005). Effects of gamma irradiation on the shoot length of Cicer seeds. *Radiation Physics and Chemistry*, 73, 365-367.
- World Health Organization (WHO). (1988). *Food irradiation: A technique for preserving and improving the safety of food*. WHO Publication in Collaboration with FAO. pp. 144-149.
- Wi, S.G., Chung, B.Y., Kim, J.S., Kim, J.H., Baek, M.H., & Lee, J.W. (2007). Effects of gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants. *Micron.*, 38, 553-64.
- Zanzibar, M., Haryadi, D., & Supardi, D. (2010). *Invigorasi benih kayu pertukangan (tembesu, gelam dan kayu bawang)*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Zanzibar, M., & Witjaksono. (2011). Pengaruh penuaan dan iradiasi benih dengan sinar gamma (60C) terhadap pertumbuhan bibit suren (*Toona sureni* Blume Merr). *Jurnal*